

## Talajmikroorganizmusok foszfatázaktivitásának változása a foszforellátottságtól függően

JÁNOSSY GYULÁNÉ

*Agrártudományi Főiskola Kémia és Talajtani Tanszék, Keszthely*

A növények egyik legfontosabb tápanyaga a foszfor, amelyet csak foszfátionok formájában tudnak felvenni. A talaj összes foszforkészletének 10—50%-át a szerves foszfor teszi ki, ezért fontos tehát annak vizsgálata, hogy a szerves foszfátok ásványosodását katalizáló foszfatázenzim milyen mennyiségben van jelen a talajban.

A talajfoszfatázok meghatározásával többen foglalkoztak, így ROGERS [12], JACKMAN és BLACK [4], akik a szubsztrátum bomlása során felszabaduló foszfátionok mennyiségével, míg KROLL és munkatársai [11] módszerét javítva KRÁMER és ERDEINÉ [10] a dinátriumfenilfoszfátból felszabaduló fenol mennyiségével határozzák meg az enzimaktivitást. Ez utóbbi módszer előnye, hogy a felszabadult fenolt a foszfátionokkal ellentétben a talaj nem adszorbeálja.

A talaj foszfatázaktivitásának forrása a növények gyökérrendszerén kívül a talajban élő mikroorganizmusok tevékenysége. KOTELEV [6] szerint a talajban élő és foszfatázaktivitással rendelkező szervezetek a különböző növények rizoszférájában átlagosan 14%-ban, míg ugyanezen növények talajában 5,7%-ban fordultak elő. Saját vizsgálataink szerint a talajból izolált 55 baktériumtörzs 10%-a 0,01-nél alacsonyabb (gyakorlatilag nulla); 60%-a 0,01—0,10 közötti, 30%-a 0,10-nél nagyobb foszfatázaktivitással rendelkezett, a módszert a későbbiekben ismertetjük. CASIDA [2] megvizsgálta számos gombafaj enzimaktivitását. Adatai szerint az *Aspergillus* genus némely tagja egy különlegesen aktív savanyú foszfatázzal rendelkezik, amely részben még a ferrifitátot is képes bontani. Míg KRASZILNYIKOV és KOTELEV [8] nem mutat ki számottevő különbséget a baktériumok és gombák foszfatázaktivitása között, illetve KOTELEV és munkatársai [7] újabb adatai szerint a baktériumok és sugárgombák nagyobb aktivitással rendelkeznek, mint a gombák — addig saját eredményeink szerint a sugárgombák és gombák aktivitása jóval meghaladja a baktériumokét. JACKMAN és BLACK [4] steril talajt oltva különböző mikroorganizmusokkal szintén úgy találták, hogy bár valamennyi rendelkezett enzimaktivitással a gombák több fitázt termeltek, mint a baktériumok.

A talajban mérhető enzimaktivitást különböző körülmények befolyásolhatják: Talajenzimológiai munkájában KISS [5] az enzimaktivitást befolyásoló tényezők között tárgyalja a specifikus szubsztrátum szerepét, melynek hatására a mikroorganizmusok fokozott enzimtermeléssel válaszolnak pl. xilánáz, amiláz, szaharáz esetén; KRÁMER [9] talajok enzimaktivitását érlelési kísérletben tanulmányozva megállapította, hogy a foszfatázaktivitás a talajban megfelelő nitrogén és energiaforrás mellett a felvehető foszfor mennyiségével fordítottan arányos. DROBNIKOVA [3], aki a különböző foszfortartalmú talajok

foszfatázaktivitását befolyásoló tényezőket vizsgálta, szintén ezt állapította meg. Tehát ebben az esetben egy fontos tápanyag hiánya indította meg azt a fokozott enzimermelést, amely a továbbiakban biztosíthatja a szerves foszforvegyületek ásványosodását.

Kísérleteimben azt tanulmányoztam, hogy a talajmikroorganizmusok foszfatázaktivitása hogyan változik a foszforellátottságtól függően.

### Anyagok és módszerek

Az érlelési kísérletek beállítására és a vizsgálandó törzsek izolálásánál kiindulási alapul szolgáló talajt a keszthelyi Agrártudományi Főiskola kísérleti területének egyik állandó jellegű útja felső 20 cm-es rétegéből gyűjtöttük, ezt ugyanis régóta nem érte trágyahatás. A talajt ezután gondosan összekevertük, légszárzra megszárítottuk, majd 2 mm-es szitán átszitáltuk. A talaj jellegét tekintve barna erdőségi homokos-vályog talaj. Kémhatása közömbös pH (vízben) 7,2. Tápanyagviszonyai a következők:  $P_2O_5$  (Egnér-Riehm szerint) 4,5 mg<sup>0</sup>/o;  $K_2O$  (Nehring szerint) 7,9 mg<sup>0</sup>/o; összes nitrogén 0,12 g<sup>0</sup>/o.

A vizsgálatokat az előbbieken ismertetett talajból izolált 10 baktérium, 5 gomba és 5 sugárgomba törzssel folytattuk le. A baktérium törzseket húsgáron, a gomba törzseket glükóz-peptonagaron, a sugárgombákat keményítőagaron különítettük el.

A továbbiakban a törzseket talajkivonatagaron vizsgáltuk, mely a kísérletekben standard táptalajként szerepelt és összetétele a következő volt: talajkivonat 900 ml, húslé 100 ml, glükóz 5 g,  $K_2HPO_4$  1 g, agar 20 g, pH 7,5.

(Talajkivonat: 0,5 kg humuszos kerti talajt 1200 ml vízzel autoklávbán 0,5 atm. mellett 15 percig főzve, szűrletét feltöltjük 900 ml-re.)

Ugyanez a táptalaj foszforral dúsítva 1 g  $K_2HPO_4$  helyett 3 g  $K_2HPO_4$ -ot tartalmazott literenként.

A törzsek rendszertani meghatározásától eltekintettünk, mivel azt kívántuk eldönteni, hogy az egyes csoportok foszfatázaktivitása általában hogyan érvényesül.

Kérdéses volt, hogy milyen módszert alkalmazzunk az egyes törzsek foszfatázaktivitásának meghatározására. Az irodalom szerint ilyen vizsgálatokat KRASZILNYIKOV és KOTELEV [8] végeztek. Beoltott és inkubált agarblokkokat helyeztek a fenoltaleinfoszfatát tartalmazó agarlemezre. Megfelelő idő után pár csepp ammóniát adva a petricsészébe a blokkok körül kialakuló vörös zóna átmérőjével jellemzik a vizsgált mikroorganizmus enzimaktivitását. BARNES és MORRIS [1] *Micrococcus pyogenes* megfelelő ideig inkubált tenyészetét a táptalajról Sørensen citrát pufferrel (pH 5,6) lemosták. A szuszpenziót spektrofotométerrel adott optikai denzitásra állították be, majd hozzáadták a dinátrium-p-nitrofenilfoszfát szubsztrátumot. A foszfatázaktivitást a felszabadult p-nitrofenol sárga színének erősségét mérve határozták meg. CASIDA [2] a gombák foszfatázaktivitásánál a gombakultúrákból előállított enzimkivonattal, homogenizált valamint teljes mycéliummal végezte a vizsgálatokat. Különböző szubsztrátumokat (ferrofítát, dezoxiribonukleinsav, nátriumpirofoszfát stb.) alkalmazott és megállapította a felszabadult foszfor mennyiségét.

Mivel az előbbieken tárgyalt módszerek kívánalmainknak nem feleltek meg — egyfelől azért, mert nem volt elég konkrét a vonatkoztatási alap, másrészt, ahol ez megfelelt, nem volt elég egyszerű —, új utat választottam.

A talaj és a talajmikroorganizmusok foszfatázaktivitásának vizsgálatát egyaránt dinátriumfenilfoszfát (BDH minőség) szubsztrátummal KRÁMER és ERDEINÉ [10] által leírt módszer szerint végeztük el.

A baktérium törzsekből külön-külön először megfelelő száraz preparátumot készítettünk a következőképpen: A táptalajon minden esetben 48 óra hosszat inkubált tenyészetet egy erre a célra készített nagyméretű kaccsal lehúztuk és az anyagot tárgylemezre kivenve szobahőmérsékleten megszáritottuk. A megszáradt anyagot gilette pengével leválasztottuk és porcelán tálkában 37 C°-os termosztátban 16 órán keresztül szárítottuk. Ezután a sejtanyagot achátmoszársban porítottuk és azonnal bemértük enzimvizsgálatra. A fenti módon szárított preparátumok szárazanyagtartalma a 85 C°-on 5 órán keresztül történő szárítással meghatározva 94—98<sup>0</sup>/<sub>0</sub> volt. A foszfatázaktivitást a továbbiakban szárazanyagra vonatkozóan adjuk meg.

Az enzimvizsgálat menete: kémcsőbe bemérünk 20 mg sejtpreparátumot, hozzáadunk 0,2 ml toluolt, gumidugóval zárjuk és 15 percre 37 C°-os termosztátba tesszük. Ezután a kémcsővekbe 5 ml 1 ezrelékes dinátriumfenilfoszfát oldatot adunk. Az anyagot 37 C°-os termosztátban 48 óra hosszat inkubáljuk. A 48. órában hozzáadunk 5 ml 0,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>-os timsóoldatot a tiszta szűrlet nyerése céljából — néhány percig állni hagyjuk, majd szűrőpapíron (MN 640 d) szűrjük. A továbbiakban a már tárgyalta módszer szerint [10] végezzük a vizsgálatot. A foszfatázaktivitást 10 mg sejtszárazanyag által felszabadított fenol mg-ban fejeztem ki.

A gombák és sugárgombák foszfatázaktivitását a következőképpen vizsgáltuk: 100 ml-es kúpos lombikban sterilizált 25 ml talajkivonat táptalajba beoltjuk a vizsgálandó törzs egy kacsnyi anyagát. 26 C°-os termosztátban inkubáljuk, míg a tenyészet jól benövi a táptalajt (gombáknál 4—5, sugárgombáknál 8—10 nap). Ezután a tenyésztő folyadékot átszűrjük előzőleg szárított és lemért szűrőpapíron (MN 640 d). Kémcsőbe bemérünk a szűrletből 5 ml-t, a toluol hozzáadásától kezdve a baktériumoknál leírtak szerint járunk el, kivéve a timsóoldat hozzáadását. (Itt amúgy is tiszta szűrletet kapunk, az enzimaktivitást fékező hatása az azonnali analízis miatt ugyancsak felesleges.) A szűrőpapíron fennmaradt mycéliumot desztillált vízzel háromszor mossuk, majd szárítószekrényben 95 C° mellett súlyállandóságig szárítjuk. A mycéliumsúlyt megállapítva a foszfatázaktivitást 10 mg szárazanyagra jutó fenol mg-ban fejeztük ki.

A (I) talajérlelési kísérletet 50—50 g talajjal 100 ml-es kúpos lombikokban állítottuk be. Az adott tápanyagmennyiségek KRÁMER [9] talajérlelési kísérleténél használt arányok szerint a következők voltak: C 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub>-a talajnak, ennek megfelelő C tartalmú nádcukor 1,17 g; N = 0,143 g NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>; K = 0,055 g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; a foszforos kezelésnél P = 0,027 g K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>.

A tápanyagokat annyi vízben oldottuk amennyivel a talajt megfelelően morzsásítani tudtuk. A lombikokat vattadugóval elzártuk és celofánnal lekötöttük. Megfelelő kontroll hagyása mellett a talajokat 1 atm. túlnyomáson sterilizáltuk. A lombikok talaját ezután a vizsgált mikroorganizmus törzsek fiziológiás sóoldattal készített azonos denzitású 1—1 ml-es szuszpenziójával oltottuk.

A (II) talajérlelési kísérletet 100—100 g talajjal 250 ml-es állólombikokban állítottuk be, a fenti tápanyagmennyiségek kétszeresét adva — kivéve a foszfort — az előbb leírt módon. Ebben a kísérletben különböző foszfor mennyiségeket adtunk kezelésekként P<sub>1</sub> = 4,81 mg<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; P<sub>1,5</sub> = 7,21 mg<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; P<sub>2</sub> = 9,62 mg<sup>0</sup>/<sub>0</sub>-ot mint K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>-ot. A lombikokat vattadugóval zártuk.

Az érlelés mindkét kísérletnél 25 C°-os termosztátban történt.

A vizsgálatokat három vagy négyszeres ismétlésekkel végeztük és az eredményeket variancia analízissel értékeltük.

### Kísérleti rész

Az izolált baktérium, gomba és sugárgomba törzseket leoltva a talajkivonat és a foszforral dúsított talajkivonat (talajkivonat+P) táptalajra, megfelelő inkubálás után megállapítottuk a foszfatázaktivitást. (1., 2. és 3. táblázat).

1. táblázat

**Talajbaktériumok foszfatázaktivitásának változása a foszforellátottságtól függően**

(1) Törzs száma	(2) Foszfatázaktivitás fenol mg/10 mg sejtszárazanyag		(3) SZD <sub>s</sub> %	(4) Viszony- szám
	(5) Talajkivonat táptalajon	(6) Talajkivonat + P táptalajon		
14.	0,093	0,129*	0,030	138,7
15.	0,107	0,035*	0,038	32,7
18.	0,084	0,199*	0,008	236,9
25.	0,040	0,015*	0,004	37,5
31.	0,091	0,132*	0,008	145,0
35.	0,044	0,050	0,030	113,6
39.	0,140	0,201*	0,038	143,6
40.	0,056	0,062	0,012	110,7
45.	0,116	0,056*	0,017	48,2
55.	0,079	0,094	0,034	118,9

\* A viszonyszámnál az (5) rovat 100-nak vett adataihoz viszonyítok.

A táblázatok adataiból látható, hogy míg a baktériumok különbözőképpen reagáltak a +P adagolásra, addig a gombáknál és a sugárgombáknál, bár nem azonos mértékben, de minden esetben lecsökkent a foszfatázaktivitás a +P hatására. A különbségek néhány esettől eltekintve 50%-os valószínűségi szinten megbízhatóak.

Az eredményeket látva talaj-érlelési (I) kísérletet állítottunk be annak megállapítására, hogy vajon természetes közegben a talajban, hogyan érvényesül a foszfor hatása a mikroorganizmusok foszfatázaktivitására. Ebben az érlelési kísérletben összehasonlítottam, hogy a természetes talaj, a sterilizált és baktérium-, gomba-, sugárgomba törzsekkel, valamint a három csoport keve-

2. táblázat

**Talajgombák foszfatázaktivitásának változása a foszforellátottságtól függően**

(1) Törzs száma	(2) Foszfatázaktivitás fenol mg/10 mg sejtszárazanyag		(3) SZD <sub>s</sub> %	(4) Viszony- szám
	(5) Talajkivonat táptalajon	(6) Talajkivonat + P táptalajon		
1.	0,253	0,081*	0,088	32,0
2.	0,223	0,021*	0,069	9,4
3.	0,659	0,040*	0,161	6,1
4.	0,631	0,029*	0,133	4,6
5.	0,505	0,013*	0,133	2,6

\* A viszonyszámnál az (5) rovat 100-nak vett adataihoz viszonyítok.

3. táblázat

**Sugárgombák foszfatázaktivitásának változása a foszforellátottságtól függően**

(1) Törzs száma	(2) Foszfatázaktivitás fenol mg/10 mg sejtszárazanyag		(3) SZD <sub>s</sub> %	(4) Viszony- szám
	(5) Talajkivonat táptalajon	(6) Talajkivonat + P táptalajon		
1.	0,280	0,119*	0,100	42,5
2.	0,482	0,225*	0,150	46,6
3.	0,433	0,279*	0,113	68,5
4.	0,825	0,101*	0,395	12,2
5.	0,186	0,137	0,091	73,6

rékével oltott talajban hogyan változik a foszfatázaktivitás, ha több felvehető foszfor áll rendelkezésre. Az érlelt talajok foszfatázaktivitását két alkalommal a 7. és a 14. napon vizsgáltuk meg (4. táblázat).

Az adatokat elemezve megállapítható, hogy a 7. napon a baktériumos kezelést kivéve a többi P-al kezelt talaj foszfatázaktivitása már lecsökkent annyira, hogy a különbség a kezeletlenhez képest 0,10/0-os valószínűségi szinten meg-

4. táblázat

**Baktériumok, gombák és sugárgombák foszfatázaktivitásának változása érlelt talajban I.**

(1) Kezelés	(2) Foszfatázaktivitás fenol mg/10 g talaj			
	7. napon		14. napon	
	(3) érlelt talaj	(4) érlelt talaj + P	(3) érlelt talaj	(4) érlelt talaj + P
1. kontroll	68,8	61,9***	70,6	62,6***
2. steril kontroll	0	0	0	0
3. steril + B	45,2	43,2	56,6	51,2***
4. steril + G	77,9	68,8***	91,7	75,0***
5. steril + Sg	66,1	51,1***	83,6	67,7***
6. steril + B + G + Sg	73,1	62,9***	92,0	63,9***

B = baktérium, G = gomba, Sg = sugárgomba,

\*\*\* SzD<sub>0,1%</sub>

A megbízható különbséget az (3) rovatához viszonyítva jelöltem.

bízható volt. A 14. napra a baktériumoknál is ez a helyzet. Továbbá az is kiténik, hogy a baktériumok és gombák hatása a talaj foszfatázaktivitásának kialakulására mennyire különböző, jellemző a gombák vezető szerepe.

5. táblázat

**A foszfatázaktivitás változása a foszfortartalomtól függően érlelt talajban II.**

(1) Kezelés	(2) P mg/0	(3) Enzimaktivitás fenol mg/10 g talaj
1. kontroll	4,50	132,93
2. P <sub>1</sub> + kontroll P	9,31	47,68
3. P <sub>1,5</sub> + kontroll P	11,71	32,52
4. P <sub>2</sub> + kontroll P	14,12	22,48

SzD<sub>5%</sub> = 7,16 r<sub>2,22%</sub> 0,96

Végül újabb talajérlelési (II) kísérletben különböző foszformennyiségeket adtunk a talajhoz és figyelemmel kísértük az enzimaktivitás változását az egyes kezeléseknél. Miután a kialakult különbségek az érlelés 17. napján voltak a legszembetűnőbbek, az 5. táblázatban a 17. napon mért enzimaktivitást tüntettem fel a különböző foszforadagoknak megfelelően, a megadott P mg/0-nál a 2., 3. és 4. kezelésnél a kontroll Egner-Riehm szerint megállapított P tartalmát is beleértve. A foszfortartalom és az enzimaktivitás közötti összefüggés megállapítására kiszámítottam a lineáris korrelációs koefficiens (r = -0,96), amely 2,220/0-os valószínűségi szinten megbízható volt.

### Összefoglalás

Talajbaktériumok, gombák és sugárgombák foszfátázaktivitásának vizsgálatánál dinátriumfenilfoszfátot (BDH minőség) használtunk szubsztrátumként, melyet korábban KRÁMER és ERDEINÉ [10] talajok foszfátázaktivitásának meghatározásánál alkalmazott. A baktérium törzsekből általunk készített száraz preparátumokkal, valamint gombák és sugárgombák tenyésztő folyadékának szűrletével összehozva a fenti szubsztrátumot megfelelő inkubáció után meghatároztuk a felszabadult fenol mennyiségét. A foszfátázaktivitást 10 mg sejt-szárazanyag által felszabadított fenol mg-ban adjuk meg. Előnye az eljárásnak, hogy sorozatvizsgálatra alkalmas és konkrét vonatkoztatási alapra adható meg általa az enzimaktivitás.

A kísérletek során megállapítottuk, hogy vizsgálati körülményeink között a gombák és sugárgombák enzimaktivitása közel ötszöröse a baktériumokénak, tehát — a növényzeten kívül — a talaj enzimaktivitásának kialakításában a gombáknak nagyobb szerepük van.

Kiindulásul véve azt a jelenséget, hogy a talajokban a foszfátázaktivitás fordítottan arányos a felvehető foszfor mennyiségével talajkivonat táptalajon tenyésztve az egyes törzseket megvizsgáltuk, hogy mennyiben befolyásolja a rendelkezésre álló foszfor foszfátázaktivitásukat. Az eredményekből kitűnt, hogy több foszfor hatására elsősorban és nagyobb mértékben a gombáknál csökken le az enzimaktivitás. A jelenséget talajérlelési kísérletben (I) vizsgálva, steril talajt oltva az egyes mikroorganizmus csoportokkal hasonló eredményt kaptunk. Tehát elsősorban a gombafoszfátáz változása jut érvényre akkor, amikor több felvehető foszfor hatására a talajok foszfátázaktivitása lecsökken.

Talajérlelési kísérletben (II) a felvehető foszfor különböző mennyiségei és a talaj foszfátázaktivitása között megbízható szoros negatív korrelációt ( $r = -0,96$ ) találtam.

*Érkezett : 1963. február 16.*

### Irodalom

- [1] BARNES, E. H. & MORRIS, J. F.: A quantitative study of the phosphatase activity of *Micrococcus pyogenes*. *J. Bact.* **73**. 100—104. 1957.
- [2] CASIDA, L.: Phosphatase activity of some common soil fungi. *Soil Sci.* **87**. 305—311. 1959.
- [3] DROBNIKOVA, V.: Factors influencing the determination of phosphatases in soil. *Folia Microbiologica*. **6**. 260—267. 1961.
- [4] JACKMAN, R. & BLACK, C.: Phytase activity in soils. *Soil. Sci.* **73**. 117—125. 1952.
- [5] KISS, I.: Talajenzimek. In CSAPÓ, M. J.: Talajtan. 555—567. Mezőgazd. és Erdészeti Áll. Könyvkiadó. Bukarest. 1958.
- [6] KOTELEV, V. V.: K metodike vüdenenija iz pocsvü mikroorganizmov, razlagajuscih organofoszfátü. *Dokl. VASZHNIL.* **9**. 17—18. 1958.
- [7] KOTELEV, V. V., MEKHTIEVA, E. A. & SMIRNOV, V. I.: Phosphatase activity of some soils and rhizospheres of cultivated plants. *Trudy pochv. Inst. moldav. Fil. Akad. Nauk.* **5**. 3—11. 1960. *Soils and Fert.* **24**. ref. № 2550. 1961.
- [8] KRASZILNYIKOV, A. A. & KOTELEV, V. V.: Kacsesztvennoe opredelenie foszfataznoj aktivnoszti nekotörüh grupp pocsvennüh mikroorganizmov. *Dokl. Akad. Nauk. SSSR.* **117**. 894—895. 1957.
- [9] KRÁMER, M.: Phosphatase-Enzym-Aktivität als Anzeiger des biologisch nutzbaren Phosphors im Boden. *Naturwiss.* **44**. 13—14. 1957.



- [10] KRÁMER, M. & ERDEI S-NÉ.: A talaj foszfátázaktivitásának vizsgálata dinátriumfenilfoszfáttal. *Agrokémia és Talajtan*. **7**, 361—366. 1958.
- [11] KROLL, L., KRÁMER, M. & LÖRINCZ, E.: Fenilfoszfátos enzimanalízis alkalmazása talajok és trágyák vizsgálatára. *Agrokémia és Talajtan*. **4**, 173—182. 1955.
- [12] ROGERS, H. T.: Dephosphorylation of organic phosphorus compounds by soil catalysts. *Soil Sci.* **54**, 439—446. 1942.

## Изменение фосфатазной активности почвенных микроорганизмов в зависимости от их обеспеченности фосфором

Г. ЯНОШИ

Кафедра химии и почвоведения С.Х. ВУЗа, Кестхей (Венгрия)

### Резюме

При исследовании фосфатазной активности грибов и лучистых грибов автор использовал в качестве субстрата динатриумфенилфосфат, который раньше использовался Крамером и Эрдене (10) при определении фосфатазной активности почв. В этот субстрат были внесены сухие препараты штаммов бактерий, а так же фильтрат культуральной жидкости грибов и лучистых грибов и после соответствующей инкубации определялось количество освобожденного фенола. Фосфатазная активность была выражена в мг. освобожденного фенола в пересчете на 10 мг. сухого вещества клеток. Этот метод пригоден для серийных анализов. В ходе исследований автор установил, что ферментативная активность грибов и лучистых грибов была примерно в пять раз больше, чем у бактерий, значит в образовании ферментативной активности почв грибы играют большую роль.

Исходя из того, что фосфатазная активность почв обратно пропорциональна количеству доступного фосфора, автор исследовал отдельные штаммы культивируемые на питательных средах с добавлением почвенных вытяжек и наблюдал как изменяется фосфатазная активность в зависимости от количества фосфора. Из результатов наблюдений ясно, что под влиянием большого количества фосфора ферментативная активность снижается в первую очередь и в большой степени у грибов. Данное явление было исследовано в опытах с компостированием почв (1), где стерильная почва была заражена отдельными группами микроорганизмов. И в этом опыте были получены подобные результаты.

Значит когда под влиянием большого количества доступного фосфора снижается фосфатазная активность почв, это снижение вызвано в первую очередь снижением фосфатазной активности грибов.

После выяснения роли грибов, автор в других опытах по компостированию почв (II) искал связь между различными количествами доступного фосфора и фосфатазной активностью почв и нашел очень тесную и достоверную отрицательную корреляцию. ( $r = 0,96$ ).

Табл. 1. Изменение фосфатазной активности почвенных бактерий в зависимости от их обеспеченности фосфором.

Табл. 2. Изменение фосфатазной активности грибов в зависимости от их обеспеченности фосфором.

Табл. 3. Изменение фосфатазной активности лучистых грибов в зависимости от их обеспеченности фосфором. (1) Номер штамма. (2) Фосфатазная активность в мг. фенола на 100 гр. сухого вещества клеток. (3) Достоверная разница при вероятности в 95%. (4) Относительное число. (5) В питательной среде с добавлением почвенных вытяжек. (6) Почвенная вытяжка + Р питательная среда. Относительное число выражено в % от данных колонки. (5).

Табл. 4. Изменение фосфатазной активности бактерий, грибов и лучистых грибов в компостированных почвах 1. (1) Варианты: 1. Контроль, 2. Стерильный контроль. 3. Стерильная почва, зараженная бактериями. 4. Стерильная почва зараженная грибами. 5. Стерильная почва зараженная бактериями, грибами и лучистыми грибами. (2) Фосфатазная активность в мг. фенола на 100 гр. почвы. (3) На седьмой день опыта. (4) На 14 день. (5) Компостированная почва. (6) Компостированная почва + Р.

\*\*\* = достоверная разница при вероятности в 99,9% в зависимости от данных (5) колонки.

Табл. 5. Изменение фосфатазной активности в зависимости от содержания фосфора в компостированной почве II. (1) Варианты: 1. Контроль. 2. Основная доза фосфора + содержание фосфора в контроле. 3. Полуторная доза фосфора + содержание фосфора в контроле. 4. Двойная доза фосфора + содержание фосфора в контроле. (2) P в % и мг. (3) Фосфатазная активность в мг. фенола на 10 гр. почвы. Достоверная разница для ферментативной активности составляет при вероятности 95% — 7,16. Корреляционный коэф (r) достоверен при вероятности в 97,78%.

## Changes in Phosphatase Activity of Soil Microorganisms Depending on Status of Phosphorus Nutrition

G. JÁNOSSY

College of Agricultural Sciences, Department of Chemistry and Soil Science, Keszthely (Hungary)

### Summary

Disodium phenylphosphate (BDH) employed earlier by KRÁMER and ERDEI [10] was used as substratum in the study of phosphatase activity of soil bacteria, fungi and Actinomyces. Bringing together the above substratum with dry preparations produced from bacterium strains and with filtrates of culture liquids of fungi and Actinomyces the amount of released phenol has been determined. Phosphatase activity is expressed in phenol mg released by 10 mg cellular dry matter. It is an advantage of the method that it lends itself to serial determinations and enzyme activity can be expressed as related to a concrete basis.

Experiments revealed that under the conditions of the study enzyme activity of fungi and Actinomyces is about fivefold as compared with bacteria, so that — besides vegetation — fungi have a more important share in enzymic activity of the soil.

Starting from the phenomenon according to which phosphatase activity in soils is inversely proportional to the amount of phosphorus available we investigated the individual strains cultivated on soil extract substratum, trying to establish how far their phosphatase activity is influenced by available phosphorus. From the results it appeared that, upon the influence of increased amounts of phosphorus, enzyme activity is reduced first of all and to a larger extent in fungi. Examining the phenomenon in a soil maturation experiment (I), when inoculating sterile soil, similar results were obtained with the individual groups of microorganisms. Thus, when upon the action of greater amounts of available phosphorus phosphatase activity of the soil declines, the change of fungus phosphatase asserts itself in the first place.

After having elucidated the role of fungi, examining in a soil maturation test (II) the relationship between different amounts of available phosphorus and phosphatase activity of the soil, a safe and close negative correlation ( $r = -0.96$ ) could be established.

Table 1. Changes in phosphatase activity of soil bacteria depending on status of phosphorus nutrition (1) number of strain; (2) phosphatase activity, phenol mg per 10 mg dry matter; (3) significant difference at the 5 per cent probability level; (4) ratio; (5) on soil extract substratum; (6) on soil extract + P substratum. As to ratio, data are related to figures in column (5) taken for 100.

Table 2. Changes in phosphatase activity of soil fungi depending on status of phosphorus nutrition (1) — (6) see table 1.

Table 3. Changes in phosphatase activity of Actinomyces depending on status of phosphorus nutrition (1) — (6) see table 1.

Table 4. Changes in phosphatase activity of bacteria, fungi and Actinomyces in mature soil I. (1) application, in the column: 1. control, 2. sterile control, 3. sterile soil inoculated with bacterium, 4. sterile soil inoculated with fungus, 5. sterile soil inoculated with Actinomyces, 6. sterile soil inoculated with bacterium, fungus and Actinomyces; (2) phosphatase activity, phenol mg per 10 g soil; (3) on the 7. day; (4) on the 14. day; (5) matured soil; (6) matured soil + P. \*\*\* = significant difference at the 0.1 per cent probability level as related to heading (5).

Table 5. Changes in phosphatase activity depending on phosphorus content in matured soil II. (1) application in the column: 1. control, 2. phosphorus basic dose + phosphorus content of control, 3. one and a half of phosphorus dosage + phosphorus content of control; 4. two of phosphorus dosage + phosphorus content of control. (2) P mg per cent; (3) phosphatase activity, phenol mg per 10 g soil. Significant difference between enzyme values at the 5 per cent probability level 7.16.  $r$  = correlation coefficient at the 2.22 per cent reliability level.